

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 10.10.2023 14:47:43

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Процессы и аппараты электрометаллургического производства

Закреплена за подразделением

Кафедра цветных металлов и золота

Направление подготовки

22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Металлы высоких технологий

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

4 ЗЕТ

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 2

аудиторные занятия

90

самостоятельная работа

27

часов на контроль

27

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	2 (1.2)		Итого	
	УП	РП		
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	36	36	36	36
Лабораторные	18	18	18	18
Практические	36	36	36	36
Итого ауд.	90	90	90	90
Контактная работа	90	90	90	90
Сам. работа	27	27	27	27
Часы на контроль	27	27	27	27
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

к.т.н., профессор, Лысенко Андрей Павлович; к.т.н., доц., Васильева Елена Сергеевна

Рабочая программа

Процессы и аппараты электрометаллургического производства

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.04.02 Metallургия, 22.04.02-ММТ-23-18.plx Металлы высоких технологий, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.02 Metallургия, Металлы высоких технологий, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра цветных металлов и золота

Протокол от 14.03.2023 г., №11

Руководитель подразделения Тарасов Вадим Петрович

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Цель освоения дисциплины – Научить студентов электрометаллургическому процессу получения и получения алюминия и магния, рафинировать цветные металлы, перерабатывать алюминиевые отходы и лом с получением качественных сплавов, а также обучить их закономерностям различных технологических процессов, обеспечивающих получение конечных продуктов требуемого качества и на базе этих знаний развить у студентов способности принимать современные технические решения по технологическому и аппаратурному оформлению различных процессов, обеспечивающих высокую производительность, безвредные условия труда, защиту окружающей среды и низкие расходные коэффициенты на сырье и энергию
1.2	

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.О
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Инженерные расчеты	
2.1.2	Процессы и аппараты гидрометаллургического производства	
2.1.3	Процессы и аппараты пирометаллургического производства	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Автогенные процессы цветной металлургии	
2.2.2	Новые направления экстрактивной металлургии	
2.2.3	Получение особо чистых веществ	
2.2.4	Потребительские свойства металлургической продукции	
2.2.5	Ресурсо- и энергосбережение в производстве легких редких металлов, ч.2	
2.2.6	Ресурсо- и энергосбережение в производстве редкоземельных металлов, ч.2	
2.2.7	Ресурсо- и энергосбережение в производстве тугоплавких редких металлов, ч.2	
2.2.8	Ресурсо- и энергосбережение в производстве тяжелых цветных металлов и сопутствующих элементов, ч.2	
2.2.9	Управление проектами	
2.2.10	Цифровизация производства	
2.2.11	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.12	Преддипломная практика	
2.2.13	Экоаудит металлургических технологий	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний, знаний в междисциплинарных областях в области металлургии

Знать:

ОПК-1-31 Современные тенденции развития в области электрометаллургии.

УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий

Знать:

УК-1-31 Актуальные достижения и ограничения в изучаемой дисциплине

ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний, знаний в междисциплинарных областях в области металлургии

Уметь:

ОПК-1-У1 Решать типовые профессиональные задачи в области металлургии цветных металлов используя фундаментальные знания

УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий

Уметь:

УК-1-У1 Применять знания в профессиональной деятельности

ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний, знаний в междисциплинарных областях в области металлургии
Владеть:
ОПК-1-В1 Навыками типовых технологических расчетов для решения производственных и/или исследовательских задач в области производства цветных металлов и их соединений
УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, выработать стратегию действий
Владеть:
УК-1-В1 Навык использования знаний и понимания фундаментальных наук для профессиональной деятельности

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	Раздел 1. Теоретические основы электрометаллургии. Часть 1							
1.1	Термодинамическая возможность химических реакций. Основные закономерности гомогенных и гетерогенных химических реакций. Адсорбция на однородных и неоднородных поверхностях, основные типы изотерм. Электрохимические системы и их термодинамическая особенность. Равновесные и неравновесные электродные потенциалы: причина возникновения, уравнение и расчет равновесных потенциалов. Выбор относительной шкалы потенциалов. Диаграмма термодинамической устойчивости воды. /Лек/	2	6	УК-1-31 УК-1-У1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.3 Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Э1 Э2			

1.2	<p>Явления адсорбции при возникновении двойного электрического слоя (ДЭС). Процессы заряжения и разряда двойного слоя. Теории, строение и методы исследования ДЭС в электролитах различного вида. Кинетика электродных реакций. Основные понятия: поляризации, поляризационные кривые, механизм протекания электрохимических реакций, методы снятия поляризационных кривых. Принцип независимости электрохимических реакций. Различные виды замедленных стадий: электрохимический акт, диффузия, образование новой фазы (кристаллизация). Основные уравнения диффузионной кинетики с учетом миграции и конвекции и их анализ. Кинетика процессов с замедленной стадией переноса заряда. Уравнение Тафеля и определение электрохимических параметров. /Лек/</p>	2	6	ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л1.3 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Э1 Э2			
-----	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---	----------------------	-------------------------------------------------------------	--	--	--

1.3	<p>Кинетика реакций при электроосаждении и растворении металлов. Механизм электрокристаллизации и основные уравнения этого процесса. Влияние поверхностно- активных веществ на рост кристаллов. Влияние на структуру и свойства гальванических осадков состава электролита (природы и концентрации ионов основного металла, ионов других металлов, рН, поверхностно-активных веществ), режима электролиза (плотности тока, температуры перемешивания, нестационарных условий), состояния поверхности катода. Причины образования губчатых осадков и методы их устранения. Условия и механизм образования блестящих осадков. Условия совместного разряда ионов металла при получении электролитических покрытий и металлов. Особенности анодного растворения металлов. /Лек/</p>	2	6	ОПК-1-31 ОПК-1-В1	Л1.3 Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Э1 Э2			
-----	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---	----------------------	----------------------------------------------------------	--	--	--

1.4	<p>Растворение металлов в активном и пассивном состоянии. Влияние состава раствора на кинетику окисления металлов в активном состоянии. Стадийное протекание электрохимического акта при анодном растворении металла. Кинетика электродных реакций при электрохимическом синтезе, электролизе растворов без выделения металлов и размерной обработке металлов. Характерные особенности процессов электрохимического синтеза, связанные с многостадийностью процессов окисления и восстановления при образовании сложных неорганических и органических соединений. Роль состояния поверхности электрода. Электродный потенциал и селективность процессов электрохимического окисления и восстановления. /Лек/</p>	2	4	УК-1-31 УК-1-В1 ОПК-1-31	Л1.3 Л2.4 Л2.5 Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.3 Л2.7 Э1 Э2			
-----	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---	--------------------------	----------------------------------------------------------	--	--	--

1.5	<p>Метод поляризационных кривых. Определение замедленной стадии с помощью вращающегося электрода и температурно-кинетическим методом. Определение тока обмена, коэффициентов переноса и числа электронов, участвующих в электрохимической реакции. Применение релаксационных потенциостатических методов для исследования механизма электрохимической реакции. Основной потенциостатический метод. Метод ступенчатого изменения потенциала. Циклический потенциостатический метод. Релаксационные гальваностатические методы. Основной гальваностатический метод. Циклический гальваностатический метод. Двухимпульсный гальваностатический метод. Хронопотенциометрия. Кулоностатический и кулонометрический методы. Переменноточковые методы. Метод фарадеевского импеданса. Классификация методов испытаний устойчивости конструкционных материалов к различным видам коррозии. Ускоренные испытания их преимущества и ограничения. Методы испытания на газовую коррозию. Гравиметрические испытания на коррозию в электролитических средах. Метод поляризационного сопротивления. Химические и электрохимические методы оценки устойчивости к межкристаллитной и питтинговой коррозии. Контроль коррозии в условиях эксплуатации. /Лек/</p>	2	6	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1	Л1.3 Л2.4 Л2.5 Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.3 Э1 Э2			
-----	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---	-------------------------	-----------------------------------------------------	--	--	--

1.6	<p>Теоретические основы коррозионных процессов, методы защиты от коррозии</p> <p>Определение термина «коррозия», основные задачи и перспективы развития теории и практики. Химический и электрохимический механизм растворения металлов.</p> <p>Электрохимическая коррозия («саморастворение»). Понятие о коррозии с вытеснением водорода и восстановлением кислорода (с «водородной и кислородной деполяризацией»). Другие возможные окислители в коррозионных процессах. Термодинамическая возможность «саморастворения» металлов.</p> <p>Электрохимическая гетерогенность поверхности твердых металлов. Вторичные процессы и продукты коррозии и их роль в коррозионных процессах. Кинетическая теория коррозии металлов. Уравнение потенциала и тока коррозии при различных механизмах протекания коррозионных процессов и их анализ. Теория Де ля Рива – ее прогрессивная роль и недостатки. Коррозия технических металлов. Роль природы примеси в основном металле на скорость коррозии. Диаграммы Эванса. Анодные процессы при коррозии металлов. Диаграммы Пурбе, принцип их построения. Природа пассивности металлов, ее характеристики и их зависимость от природы металла, состава среды, температуры. Методы защиты от коррозии. Теория и аппаратное оформление. Классификация этих методов. /Лек/</p>	2	6	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-В1	Л1.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.3 Э1 Э2			
-----	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---	-----------------------------------	----------------------------------------------	--	--	--

1.7	Основы электрохимии, металловедения, физической и органической химии. Различные типы равновесных потенциалов. Электроды сравнения, ряд стандартных потенциалов. Водородный и кислородный электроды. Термодинамическая оценка возможности электрохимических реакций, включая анодное растворение и катодное осаждение металлов. Расчет равновесных потенциалов для различных реакций и расчет равновесного напряжения электрохимических систем разного вида. Основные особенности кинетики и механизма катодного восстановления кислорода и выделения водорода. Влияние на скорость этих процессов природы металла, состава раствора и строения ДЭС. Электродная поляризация и перенапряжение. Гальванические и потенциостатические методы снятия поляризационных кривых и их анализ. Истинные зависимости скорости процесса от потенциала и поляризационные кривые. Связь скорости электрохимической реакции со скоростью химической. /Пр/	2	24	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1	Л1.3 Л1.2Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Э1 Э2			Р6
1.8	Контрольная работа 1 /Пр/	2	2	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л2.4 Л2.5 Л1.1Л2.2 Л2.3 Э1 Э2		КМ1	
1.9	Электрохимическое производство меди /Лаб/	2	4	УК-1-У1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.3 Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.6 Э1 Э2			
1.10	Электролитическое рафинирование меди /Лаб/	2	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л2.3 Л1.2Л2.4 Л2.5 Э1 Э2			Р2
1.11	Электролиз расплава хлорида свинца /Лаб/	2	4	ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.2Л2.3 Л2.4 Л2.5 Э1 Э2			Р3
1.12	Получение алюминия электролизом криолито-глиноземных расплавов /Лаб/	2	4	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1Л2.4 Л2.5 Э1 Э2			Р4

1.13	Домашнее задание 1 /Ср/	2	10	ОПК-1-У1	Л1.3 Л1.1Л2.3 Л2.5 Э1 Э2			Р8
	Раздел 2. Теоретические основы электрометаллургии. Часть 2							
2.1	Метод нанесения электролитических покрытий: катодные и анодные покрытия. Химические способы получения покрытий из водных и расплавленных солевых электролитов. Диффузионный способ получения покрытий. Основные электролитические покрытия: цинковые и цинкосодержащие, кадмиевые, оловянные и свинцовые, никелевые, хромовые, латунные, алюминиевые и другие. Электрохимическая коррозия: термодинамика процесса, равновесные диаграммы состояния системы металл-вода, общая и местная коррозия, пассивность. Газовая коррозия. /Лек/	2	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.3 Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.3 Э1 Э2			

2.2	Теоретические основы электрохимических производств, их классификация и аппаратное оформление. Электролитические покрытия с функциональными свойствами: твердое и износостойкое хромирование, оксидирование алюминия, серебрение и золочение, латунирование, оловянирование, свинцевание и другие. Электролитическое производство хлора и щелочей. Механизм катодных и анодных процессов при электролизе хлоридов. Процессы, происходящие в объеме раствора и их влияние на направление электродных реакций. Принципы электролиза растворов хлоридов с фильтрующей диафрагмой и твердым катодом. Электродные материалы, диафрагмы, мембраны. Конструкции электролизеров с твердым катодом. Теоретические основы коррозионных процессов, методы защиты от коррозии. Классификация методов испытаний устойчивости конструкционных материалов к различным видам коррозии. и методы определения скорости и потенциала коррозии. Ускоренные испытания их преимущества и ограничения. Гравиметрические испытания на коррозию в электролитических средах. Методы снятия поляризационных кривых. /Пр/	2	8	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.3 Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Э1 Э2			Р7
2.3	Контрольная работа 2 /Пр/	2	2	УК-1-31 УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.3 Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.6 Л2.7 Э1 Э2		КМ2	
2.4	Электролитическое рафинирование алюминия по трехслойному способу /Лаб/	2	4	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.3 Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.5 Л2.7 Э1 Э2			
2.5	Проработка лекционного и практического материала, подготовка к экзамену /Ср/	2	7	УК-1-У1 УК-1-В1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.3 Л1.1 Л1.2Л2.3 Л2.4 Л2.6 Л2.7 Э1 Э2		КМ3	

2.6	Домашнее задание 2 /Ср/	2	10	ОПК-1-У1	Л1.3Л2.3 Л2.6 Э1 Э2			
-----	-------------------------	---	----	----------	---------------------------	--	--	--

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Контрольная работа 1	УК-1-З1;УК-1-У1;УК-1-В1;ОПК-1-З1;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	<p>Экзаменационные вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Кинетика электродных процессов. Связь между скоростью химической и электрохимической реакции. Поляризационная кривая электродного процесса. 2. Поляризация электрода. ЭДС поляризации. Понятие о компромиссном (бестоковом) потенциале. 3. Стадии электродного процесса. Понятие лимитирующей стадии электродного процесса. 4. Механизмы массопереноса вещества к поверхности электрода. 5. Методы получения поляризационных кривых и их анализ. 6. Понятие о перенапряжении электродного процесса. Виды перенапряжений. 7. Понятие о диффузионном перенапряжении. Диффузионный слой. 8. Основные уравнения диффузионной кинетики. 9. Решений уравнений диффузионной кинетики для условий стационарной диффузии. 10. Диффузионное перенапряжение для процесса анодного растворения металлов. Причины, вызывающие появление предельных токов. 11. Перенапряжение с учетом миграции. 12. Решение уравнений диффузионной кинетики для окислительно-восстановительных реакций. 13. Потенциал полуволны. Уравнение полярографической волны и его анализ. 14. Способы снижения диффузионного перенапряжения. Роль диффузионного перенапряжения в прикладной электрохимии. 15. Теория конвективной диффузии. 16. Вращающийся дисковый электрод и вращающийся дисковый электрод с кольцом. 17. Перенапряжение электрохимической стадии. Использование принципа Бренстеда в теории электрохимического перенапряжения. 18. Основные уравнения теории замедленного разряда. 19. Решение уравнения Фольмера для области больших, малых перенапряжений, относительно равновесных условий. 20. Коэффициент переноса, плотность тока обмена, стандартная плотность тока обмена, константа скорости электродного процесса. Способы определения и вычисления. 21. Поляризационная кривая при замедленной стадии переноса заряда в координатах потенциал- логарифм плотности тока. 22. Поляризационная кривая при электрохимическом перенапряжении в координатах Есина - Маркова. 23. Влияние строения ДЭС на скорость стадии разряда-ионизации. 24. Уравнение Тафеля. Физический смысл констант уравнения Тафеля, способы их определения. 25. Стадийность электрохимического акта. Кинетические уравнения для двухэлектронной реакции. 26. Стадийные электрохимические реакции с переносом z электронов ($Z > 2$). 27. Кажущиеся коэффициенты переноса. Определение замедленной стадии на

			<p>основании анализа поляризационной кривой при стадийном переносе электронов.</p> <p>28. Стадийные электродные реакции с кратным повторением замедленной стадии.</p> <p>Стехиометрическое число электродной реакции.</p> <p>29. Электрохимические реакции, включающие быстрые химические стадии. Порядок электрохимической реакции.</p> <p>30. Методы определения порядков электрохимических реакций.</p> <p>31. Теория элементарного акта Гориучи - Поляни.</p> <p>32. Влияние материала электрода и природы растворителя на энергию активации стадии разряда – ионизации.</p> <p>33. Недостатки теории элементарного акта Гориучи – Поляни.</p> <p>34. Теория реорганизации растворителя.</p>
КМ2	Контрольная работа 2	ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;УК-1-31;УК-1-У1;УК-1-В1	<p>Экзаменационные вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Связь между идеальной и реальной энергией активации. Зависимость энергии активации от перенапряжения. 2. Безбарьерные и безактивационные электрохимические реакции. Условия их протекания. 3. Основные закономерности смешанной кинетики. 4. Общая характеристика реакционного (химического) перенапряжения. 5. Реакционное перенапряжение при замедленности гетерогенного химического перенапряжения. 6. Реакционное перенапряжение при замедленности гомогенного химического перенапряжения. Предельная плотность тока химической реакции. 7. Определение порядков химической реакции. 8. Возможные пути и стадии катодного выделения водорода. 9. Общие закономерности катодного выделения водорода. 10. Влияние состава раствора на перенапряжение выделения водорода. 11. Рекомбинационная теория водородного перенапряжения. 12. Электрохимический механизм удаления адсорбированного водорода. 13. Кинетика выделения кислорода из водных растворов. 14. Возможные механизмы анодного образования кислорода. Установление природы замедленной стадии. 15. Влияние строения ДЭС на кинетику выделения кислорода. 16. Роль адсорбции органических веществ в кинетике электродных процессов. 17. Кинетика электрохимического восстановления кислорода в кислой среде. 18. Кинетика электрохимического восстановления кислорода в щелочной среде. 19. Кинетика реакций электрохимического окисления и восстановления. 20. Теория процессов электрохимического окисления и восстановления. Присоединение электронов как скорость определяющая стадия. 21. Кинетика окислительно-восстановительных процессов с участием адсорбированных атомов водорода. 22. Присоединение активированных ионов водорода как скорость определяющая стадию процесса электровосстановления. 23. Основные положения совмещенных электродных реакций.

КМЗ	Экзамен	ОПК-1-В1;УК-1-В1;УК-1-У1;ОПК-1-У1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Технологическая схема получения водорода электролизом воды. 2. Особенности процесса электролиза расплава 3. Технологическая схема получения хлора и щелочи с применением диафрагменных электролизеров. 4. Электролит и электроды при получении хлора и щелочи в диафрагменном электролизере. 5. Характеристика комплексных электролитов в гальванотехнике. 6. Основные и побочные реакции при электросинтезе пероксодисерной кислоты. 7. Первичные реакции при получении хлора и щёлочи в диафрагменном электролизере. 8. Влияние скорости циркуляции электролита на выход по току хлора и щелочи в диафрагменном электролизере. 9. Теория процесса электрорафинирования алюминия. 10. Рассеивающая способность электролитов. 11. Обоснование температуры электролита и плотности тока при получении водорода электролизом воды. 12. Теория экстракции цинка электролизом из сульфатного электролита. 16 13. Выбор температуры и плотности тока для хлорного диафрагменного электролизера. 14. Электродные реакции при электролизе криолитоглиноземного расплава. Побочные процессы, включая анодный эффект. 15. Характеристика простых электролитов в гальванотехнике. Выбор гальванического покрытия. 16. Закономерности электрокристаллизации металла. 17. Выбор температуры расплава, плотности тока и криолитового отношения при получении алюминия электролизом. 18. Структура гальванического осадка, основные закономерности. 19. Электродные процессы при электролизе воды. Механизм образования газообразного водорода. 20. Теория процесса электрохимического оксидирования алюминия. 21. Роль плотности тока, температуры и циркуляции электролита при электроэкстракции цинка. 22. Электрохимическое полирование металла. Теория процесса, преимущества и недостатки метода. 23. Перспективы развития производства водорода электролизом воды. 24. Обоснование и свойства электролита для получения алюминия из криолитоглиноземного расплава. 25. Перспективы развития производства хлора и щелочи альтернативными методами (ДЭ, РЭ, МЭ). 26. Обоснование плотности тока, состава и температуры электролита при электрорафинировании меди. 27. Получение водорода электролизом воды под давлением. 28. Технологические варианты никелирования. 29. Электрорафинирование и электроэкстракция металлов, характерные особенности. Примеры. 30. Влияние технологических факторов на выход по току металла
-----	---------	-----------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

			<p>при электролизе расплава.</p> <p>31. Влияние ПАВ на свойства гальванических покрытий. Примеры</p> <p>32. Свойства гальванических покрытий, влияние структуры осадка.</p> <p>33. Теория электрорафинирования меди. Поведение примесей.</p> <p>34. Побочные реакции при получении хлора и щелочив диафрагменном электролизере.</p> <p>35. Пути повышения равномерности толщины гальванического осадка.</p> <p>36. Обоснование электролита и электродов при получении водорода электролизом воды.</p> <p>37. Обоснование плотности тока, концентрации и температуры электролита при электросинтезе пероксодисерной кислоты.</p> <p>38. Выбор состава и концентраций электролита при электроэкстракции цинка из сульфатного электролита.</p> <p>39. Теория получения хлора и щелочи в мембранном электролизере.</p> <p>40. Технология получения медного порошка электролизом.</p> <p>41. Технологическая схема электрорафинирования меди.</p> <p>42. Типовая технологическая схема нанесения гальванического покрытия на металлическую поверхность.</p> <p>43. Технологические варианты электроокисления алюминия.</p> <p>44. Гальванопластика, сущность метода и типовая технологическая схема.</p> <p>45. Теория и технология электрохимического никелирования.</p> <p>46. Устройство и принцип работы фильтрпрессного (биполярного) электролизера для электролиза воды.</p> <p>47. Устройство и эксплуатация электролизной ванны для электроэкстракции цинка.</p> <p>48. Устройство и условия эксплуатации электролизера для электрорафинирования алюминия.</p> <p>49. Устройство и условия эксплуатации диафрагменного электролизера для получения хлора и щелочи.</p> <p>50. Устройство и принцип работы электролизной ванны для электрорафинирования меди.</p> <p>51. Устройство и варианты конструкции гальванической ванны.</p> <p>52. Устройство и условия эксплуатации мембранного электролизера для получения хлора и щелочи.</p> <p>53. Устройство и условия эксплуатации электролизера с обожженными анодами для получения алюминия.</p> <p>54. Устройство и принцип работы щелевого электролизера для получения пероксодисерной кислоты.</p> <p>55. Устройство и условия эксплуатации электролизной ванны для электроэкстракции цинка</p>
5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы

P1	Лабораторная работа 1 Электрохимическое производство меди	УК-1-У1;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;УК-1-В1	Освоение методики электролитического получения меди и определения выхода по току и по энергии Отчет по лабораторным работам должен включать: 1 Титульный лист; 2 Цели и задачи работы; 3 Теоретическое введение (2-4 стр. формата А4); 4 Таблицы с результатами замеров и или вычислений; 5 Графический материал; 6 Выводы по работе.
P2	Лабораторная работа 2 Электролитическое рафинирование меди	ОПК-1-В1;УК-1-В1	Освоение методики рафинирования меди и оценки выхода по току и энергии Отчет по лабораторным работам должен включать: 1 Титульный лист; 2 Цели и задачи работы; 3 Теоретическое введение (2-4 стр. формата А4); 4 Таблицы с результатами замеров и или вычислений; 5 Графический материал; 6 Выводы по работе.
P3	Лабораторная работа 3 Электролиз расплава хлорида свинца	ОПК-1-В1;УК-1-В1	Получение металлического свинца электролизом расплавленной эвтектики $PbCl_2 - NaCl$ и определение выхода металла по току и энергии Отчет по лабораторным работам должен включать: 1 Титульный лист; 2 Цели и задачи работы; 3 Теоретическое введение (2-4 стр. формата А4); 4 Таблицы с результатами замеров и или вычислений; 5 Графический материал; 6 Выводы по работе.
P4	Лабораторная работа 4 Получение алюминия электролизом криолито-глиноземных расплавов	ОПК-1-В1;УК-1-В1	Освоение способа получения алюминия электролизом расплавов и определения выхода алюминия по току и энергии Отчет по лабораторным работам должен включать: 1 Титульный лист; 2 Цели и задачи работы; 3 Теоретическое введение (2-4 стр. формата А4); 4 Таблицы с результатами замеров и или вычислений; 5 Графический материал; 6 Выводы по работе.
P5	Лабораторная работа 5 Электролитическое рафинирование алюминия по трехслойному способу	ОПК-1-В1;УК-1-В1	Освоение способа рафинирования алюминия по трехслойному методу и определение выхода металла по току и энергии Отчет по лабораторным работам должен включать: 1 Титульный лист; 2 Цели и задачи работы; 3 Теоретическое введение (2-4 стр. формата А4); 4 Таблицы с результатами замеров и или вычислений; 5 Графический материал; 6 Выводы по работе.
P6	Практические занятия по разделу 1	ОПК-1-У1;УК-1-У1;УК-1-В1	Решение задач на законы Фарадея. Расчёты параметров электрохимической кинетики. Расчёты напряжения разложения. Расчёты параметров диффузионной кинетики. Расчёт состава сплава.
P7	Практические занятия по разделу 2	ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	Расчёты основных термодинамических функций по величине ЭДС

P8	Домашнее задание 1	ОПК-1-У1	Задача 1. Раствор соляной кислоты был подвергнут электролизу в приборе для определения чисел переноса с платиновыми электродами. Катодное отделение содержало до электролиза 0,177, а после электролиза 0,163 г-иона хлора. В серебряном кулонометре, включенном последовательно, выделился осадок серебра, эквивалентный 0,0825 г-ионов хлора. Молярная масса серебра равна 107,9 г. Чему равны числа переноса ионов H_3O^+ и Cl^- ? Задача 2. В результате электролиза раствора $CuSO_4$ между медными электродами на катоде отложилось 0,2294 г меди. До электролиза раствор у анода содержал 1,1950 г меди, после электролиза – 1,3600 г меди. Молярная масса меди равна 63,5 г.
P9	Домашнее задание 2	ОПК-1-У1	Задача 1. Цинковый электрод погружен в 0,1 н – раствор $ZnSO_4$ при 20о С. Вычислить насколько изменится электродный потенциал цинка, если раствор сульфата цинка разбавить в 10 раз. Учсть, что средний коэффициент активности электролита при этом увеличится от 0,40 до 0,64. Задача 2. Окислительно – восстановительный потенциал системы Fe^{3+}, Fe^{2+} в 0,1 н растворе HCl при отношении концентраций двух - и трехвалентных ионов железа, равном 106, составляет 0,387 В. Вычислить стандартный потенциал окислительно – восстановительной системы при 20о С, если средние коэффициенты активности $FeCl_2$ и $FeCl_3$ в указанном растворе равны, соответственно, 0,33 и 0,08.

5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

По курсу предусмотрен экзамен. Экзаменационный билет состоит из 3-х теоретических вопросов. Билеты хранятся на кафедре.

Примеры экзаменационных вопросов

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1

1. Принципы электролитического рафинирования алюминия. Какие примеси остаются в аноде, а какие остаются в расплаве?
2. Диффузионная поляризация. Предельный ток диффузии?
3. Магнийевый электролизер на силу тока 140 кА работает со средним выходом по току -80%. (Принять равным для анодного и катодного процессов). Содержание магния в получаемом металле – сырце 99,5%.
Сколько магния-сырца и хлора может быть получено за один год его непрерывной работе?

5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

Оценка «не явка» – обучающийся на экзамен не явился.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Ветюков М. М., Цыплаков А. М., Школьников С. Н.	Электрометаллургия алюминия и магния: учебник для вузов по спец. 'Металлургия цв. металлов'	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgy, 1987
Л1.2	Москвитин Владимир Иванович	Теория электрометаллургических процессов: учеб. пособие для практ. занятий для спец. 0402, 0635	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1986

6.1.2. Дополнительная литература				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Левин А. И.	Теоретические основы электрохимии: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии, 1963
Л2.2	Зайков Ю. П., и др.	Электрохимия расплавленных солей: учебно-методическое пособие	Электронная библиотека	Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2014
Л2.3	Булидорова Г. В., Галяметдинов Ю. Г., Ярошевская Х. М., Барабанов В. П.	Электрохимия и химическая кинетика: учебное пособие	Электронная библиотека	Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2014
Л2.4	Скорчеллетти В. В.	Теоретическая электрохимия	Библиотека МИСиС	Л.: Химия, 1970
Л2.5	Антропов Л. И.	Теоретическая электрохимия: Учебник для студ. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Высш. шк., 1984
Л2.6	Баймаков Ю. В., Журин А. И.	Электролиз в гидрометаллургии: Учеб. пособие для студ. вузов спец. 'Металлургия цв. металлов'	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1977
Л2.7	Андреев Ю. Я.	Электрохимия металлов и сплавов	Библиотека МИСиС	М.: Высшее Образование и Наука, 2016

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1		https://www.elibrary.ru/defaultx.asp
Э2		https://www.fips.ru/

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.2	Microsoft Office

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	https://elibrary.ru/defaultx.asp?
И.2	https://www.fips.ru/

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
К-541	Учебная аудитория	проектор с экраном, доска маркерная, монитор, системный блок; реактор высокого давления Pollux; печь муфельная ТЕРМИКС; мешалка лабораторная ИКА, комплект учебной мебели
К-541	Учебная аудитория	проектор с экраном, доска маркерная, монитор, системный блок; реактор высокого давления Pollux; печь муфельная ТЕРМИКС; мешалка лабораторная ИКА, комплект учебной мебели
К-541	Учебная аудитория	проектор с экраном, доска маркерная, монитор, системный блок; реактор высокого давления Pollux; печь муфельная ТЕРМИКС; мешалка лабораторная ИКА, комплект учебной мебели
К-541	Учебная аудитория	проектор с экраном, доска маркерная, монитор, системный блок; реактор высокого давления Pollux; печь муфельная ТЕРМИКС; мешалка лабораторная ИКА, комплект учебной мебели
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Практические занятия нацелены на изучение студентами общих вопросов "название дисциплины".

Предусматриваются домашние задания по различным разделам курса в форме подготовки мультимедийных докладов. Проведение аудиторных занятий предусматривает использование в учебном курсе активных и интерактивных технологий:

- проведение лекций с использованием интерактивных и мультимедийных технологий (презентация в формате MS PowerPoint);
- использование при проведении занятий специализированной лаборатории с возможностью проведения занятий в интерактивной форме;
- использование при проведении занятий активных форм обучения - учебных видеоматериалов и компьютерных тренажеров.

Дисциплина относится к основополагающим и требует значительного объема самостоятельной работы. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации.

При этом организуются групповые и индивидуальные консультации.

Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей и рубежной аттестации.

В связи с использованием во время занятий мультимедийных технологий для проведения практических занятий требуется специализированная мультимедийная аудитория с возможностью показа видеоматериалов с аудиосопровождением и доступом к сети Интернет. Аудитория выбирается в зависимости от количества студентов, изучающих в текущем семестре данную дисциплину, при численности студентов до 30 человек рекомендуется аудитория 541, при численности менее 14 человек - 541.